

УДК 577.121.7:582.263(546.23)

Г.Б. Вінярська¹, О.І. Боднар²

^{1,2}Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка, 46027, вул. Максима Кривоноса, 2, м. Тернопіль, Україна

ЦИТОХРОМОКСИДАЗНА АКТИВНІСТЬ *CHLORELLA VULGARIS* ЗА ДІЇ СЕЛЕНУ

Селен є життєво необхідним (ессенціальним) мікроелементом для всіх водних тварин, водоростей та більшості мікроорганізмів. Він є одним з фізіологічно важливих мікроелементів, який безпосередньо приймає участь у метаболічних, біофізичних та енергетичних реакціях, що забезпечують життєздатність та функції клітин. Найбільш виражений механізм біологічної дії селену – антиоксидантний. Однак, встановлено, що високі концентрації селену у водному середовищі здатні зумовлювати значний токсичний вплив на ріст і розвиток мікроводоростей [4, 5, 9].

Дослідження впливу селену на ростові та метаболічні процеси у фітопланктоні має важливе значення. Це пояснюється його визначальною роллю у біотрансформації мікроелементів у водних екосистемах, завдяки первинному положенню водоростей в трофічному ланцюзі забезпечується функціонування наступних ланок гідроекосистем [1, 6]. Вивчення особливостей функціонування метаболізму водоростей та структури фітопланктону загалом, дозволяє оцінювати екологічний стан водойм, розкривати вплив на неї різних екологічних чинників, у тому числі й антропогенного походження.

Відомо, що належне функціонування енергетичних систем та циклів організму забезпечує успішне формування стратегії виживання у токсичному середовищі. Враховуючи велику кількість ферментів, які відповідають за генерацію енергії у клітині, ми визначали вплив Se^{2+} на ключовий фермент електронно-транспортного ланцюга – цитохромоксидазу. Цитохром-с-оксидаза – фермент (КФ 1.9.3.1), що каталізує кінцевий етап переносу електронів на кисень в процесі окисного фосфорилування. Окиснення цитохрому *c* супроводжується появою мембранного потенціалу, який використовується клітиною для синтезу АТФ [3].

Дослідження проводили на культурі одноклітинної зеленої водорості *Chlorella vulgaris* Beijer. на 1, 3 і 7-му доби. Водорості вирощували у відповідних умовах, згідно рекомендованих методик, у нормі та за дії іонів селену в концентраціях – 5,0 та 20,0 Se^{2+} мг/л [2].

Проведені нами експерименти показали, що у клітинах хлорели активність ЦО у нормі була на досить високому рівні, що свідчило про

Біологічні дослідження. – 2013: матеріали IV наук.-практич. всеукр. конф., 16-18 квітня 2013 р. – Житомир, 2013.

значну фізіологічну активність водоростей. При внесенні у середовище селену у концентрації 5,0 мг/л спостерігали незначне підвищення активності ферменту на 10%, тоді як за дії 20,0 мг/л мало місце її збільшення майже на 150%. Подальше інкубування водоростей у середовищі з Se^{2+} не зумовило значних змін, і значення активності цитохромоксидази залишалося майже на рівні першої доби. Так, на третю добу функціонування ЦО відносно контролю становило 110,7% за дії концентрації селену 5,0 мг/л та 196% – за дії 20,0 мг/л. Щодо довшого впливу селену на водорості *Ch. vulgaris*, то визначено, що на 7 добу активність ферменту зазнавала подальшого суттєвого підвищення при внесенні мікроелементу у концентрації 5 мг/л і була на 73% вище, ніж контрольні показники. При максимальній дозі токсиканту у 20 мг/л ЦО була майже на 214% більшою, як у середовищі контрольного варіанту.

Зростання цитохромоксидазної активності у водорості, можливо, пов'язане зі збільшенням енерговитрат клітин хлорели на детоксикацію іонів селену та, ймовірно, із забезпеченням енергією фізіологічних відповідей і певних адаптивних реакцій клітин на підвищення рівня токсикантів у середовищі. Слід зазначити, що при активному поглинанні фітопланктоном цього мікроелементу, відбувається інтенсивне внутрішньоклітинне його зв'язування макромолекулами та видовий перерозподіл між білками, ліпідами та вуглеводами [8]. З огляду на це, клітинам водоростей необхідна висока функціональна активність енергозабезпечуючих ферментів, включно і цитохром оксидази.

Також було встановлено, що високі концентрації селену значною мірою можуть впливати на перебіг інших біохімічних реакцій в енергетичних циклах мікрководоростей, які забезпечують необхідною енергією життєдіяльність клітин [9, 10].

Отже, підвищення активності цитохромоксидазної ланки дихального ланцюга у клітинах *Chlorella vulgaris* за дії високих концентрацій селену ймовірно є компенсаторним пристосування енергетичного обміну у водорості до несприятливих чинників навколишнього середовища та за дії токсичних речовин [1].

Дослідження та регуляція метаболічних процесів водоростей в аквакультурі та накопичення ними селену дає можливість використовувати біомасу мікрководоростей у складі харчових добавок для людини та у тваринництві [5, 7].

Література

1. Боднар О.І. Адаптивні властивості водоростей за дії іонів металів : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спец. 03.00.17 «Гідробиологія» / О. І. Боднар. – К., 2009. – 24 с.
2. Методы физиолого-биохимического исследования водорослей в гидробиологической практике / [Сиренко Л.А., Сакевич А.И., Осипов Л.Ф.

- Біологічні дослідження. – 2013: матеріали IV наук.-практич. всеукр. конф., 16-18 квітня 2013 р. – Житомир, 2013.
- и др.] ; под ред. А.В. Топачевского. – К. : Наук. думка, 1975. – 247 с.
3. Мецлер Д. Биохимия. Химическая реакция в живой клетке / Д. Мецлер. – М. : Мир, 1990. – Т. 2. – 367 с.
4. Минюк Г.С. Влияние селена на жизнедеятельность морских и пресноводных микроводорослей (обзор) / Г.С. Минюк, И.В. Дробецкая // Экология моря. – Вып. 54. – 2000. – С. 26-37.
5. Попова В.В. Влияние селена и цинка на рост *Spirulina platensis* и оптимизация внутриклеточного накопления этих элементов : автореф. дис. на соискание учен. степени канд. биол. наук: спец. 03.00.23 «Биотехнология» / В.В. Попова. – Москва, 2004. – 22 с.
6. Riedel G.F., Sanders J.G., Gilmour C.C. Uptake, transformation and impact of selenium in freshwater phytoplankton and bacterioplankton communities // Aquat. Microb. Ecol. – 1996. – Vol. 11, № 1. – P. 43-51.
7. Sakura Yoshida, Mamoru Haratake et al. Selenium in Seafood Materials. A review. // Journal of Health Science. – 2011. – Vol. 57, № 3. – P. 215 – 224.
8. Umysová D., Vítová M., Doušková I., Bišová K. et al. Bioaccumulation and toxicity of selenium compounds in the green alga *Scenedesmus quadricauda* // BMC Plant Biology. – 2009. – Vol. 9, № 58. – doi:10.1186/1471-2229-9-58: 1-16.
9. Wang Dazhi, Cheng Zhaodi, Li Shaojing, Gao Yahui Toxicity and accumulation of selenite in four microalgae // Chinese Journal of Oceanology and Limnology. – 2003. – Vol. 21, № 3. – P. 280 – 285.
10. Zhi-Yong Li, Si – YuanGuo, Lin Li Bioeffects of selenite on the growth of *Spirulina platensis* and its biotransformation // Bioresource Technology. – 2003. – Vol. 89. – P. 1.